



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Estudi per la certificació energètica de l'escola European International School of Barcelona

DOCUMENT 1: Memòria

Ignacio Sánchez Altimira

10/06/2019

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Tutor: Miquel Casals Casanova

Índex de contingut

1. Objecte i abast	4
2. Justificació.....	5
3. Estat de l'art i antecedents	6
3.1. Legislació en el marc europeu.....	7
3.2. Legislació en el marc Espanyol	8
3.3. Certificat energètic.....	10
3.4. Informació requerida obligatòria.....	11
3.5. Tècnics qualificats.....	11
3.6. Etiqueta d'eficiència energètica.....	12
4. Especificacions bàsiques	16
5. Metodologia Aplicada	17
5.1. Certificació mitjançant mètodes simplificats	17
5.2. Estudi previ i pressa de dades.....	18
5.2.1. Introducció de dades al software CE3X	18
5.2.2. Dades administratives	19
5.2.3. Dades generals.....	20
5.2.4. Evolvent tèrmica.....	21
5.2.4.1. Cobertes.....	22
5.2.4.2. Murs	23
5.2.4.3. Sòls.....	24
5.2.4.4. Particions interiors	25
5.2.4.5. Buits o lluernes	26
5.2.4.6. Ponts tèrmics.....	26
5.2.5. Instal·lacions	27
5.2.6. Patró d'ombres	28
5.3. Anàlisi dades reals	29
6. Certificació bàsica	29
6.1. Metodologia aplicada.....	29
6.2. Evolvent tèrmica.....	29
6.2.1. Cobertes	30
6.2.2. Murs.....	30

6.2.3.	Sòls	31
6.2.4.	Particions interiors	31
6.2.5.	Buits o lluernes.....	31
6.2.6.	Patrons d'ombres.....	33
6.2.7.	Ponts tèrmics.....	33
6.3.	Instal·lacions	34
6.3.1.	Equipament mixt de calefacció i escalfament d'ACS.....	34
6.3.2.	Equip i il·luminació	35
6.3.3.	Equip de ventilació.....	37
6.3.4.	Equip de bombeig.....	37
6.3.5.	Contribucions energètiques	38
6.4.	Qualificació certificació bàsica	39
7.	Certificació exhaustiva	39
7.1.	Metodologia aplicada.....	39
7.2.	Evolvent tèrmica.....	40
7.2.1.	Murs de façana.....	40
7.2.2.	Cobertes	41
7.2.3.	Particions interiors	42
7.3.	Qualificació certificació exhaustiva	43
8.	Estudi de dades de consums reals	44
9.	Anàlisi i comparativa de resultats	46
9.1.	Comparativa entre simulacions.....	46
9.2.	Comparativa amb dades reals	47
10.	Millores i conclusions.....	48
11.	Bibliografia.....	49

Índex d'il·lustracions i taules

Il·lustració 1 Localització edifici	4
Il·lustració 2 Esquema transposició de lleis.....	9
Il·lustració 3: Classificació tècnics competents.....	12
Il·lustració 4: Fòrmules per l'obtenció dels coeficients	13
Il·lustració 5: Explicació de les variables.....	13
Il·lustració 6: Taula puntuació 1	14
Il·lustració 7: Taula de puntuació 2	14
Il·lustració 8: Taula de puntuació 2	15
Il·lustració 9: Imatge pantalla dades administratives	18
Il·lustració 10: Imatge pantalla dades administratives.....	19
Il·lustració 11 : Imatge pantalla dades generals	21
Il·lustració 12: Imatge pantalla tipus de cobertes.....	22
Il·lustració 13: Imatge pantalla tipus de murs.....	23
Il·lustració 14: Imatge pantalla tipus de sòls	24
Il·lustració 15: Imatge pantalla tipus de particions interiors.....	25
Il·lustració 16: Imatge pantalla tipus de buits o lluernes.....	26
Il·lustració 17: Elements protecció solar	26
Il·lustració 18: Imatge pantalla tipus de ponts tèrmics.	27
Il·lustració 19: Imatge pantalla creació patró d'ombres	28
Il·lustració 20: Ponts tèrmics introduïts per defecte	33
Il·lustració 21: Introducció dades equip calefacció i ACS.....	35
Il·lustració 22: Introducció dades equip il·luminació.....	37
Il·lustració 23: Esquema equip de bombeig	38
Il·lustració 24: Introducció dades contribucions energètiques.....	38
Il·lustració 25: Qualificació certificació bàsica.	39
Il·lustració 26: Introducció materials façanes.	41
Il·lustració 27: Introducció materials cobertes.....	42
Il·lustració 28: Qualificació certificació exhaustiva.....	43
Il·lustració 29: Factors de conversió energia primària	45
Taula 1: Modelització de façanes	30
Taula 2: Modelització portes i finestres	32
Taula 3: Divisió per zones.....	36
Taula 4: Consums mensuals.....	44
Taula 5: Desglossament de categories.....	46

1. Objecte i abast

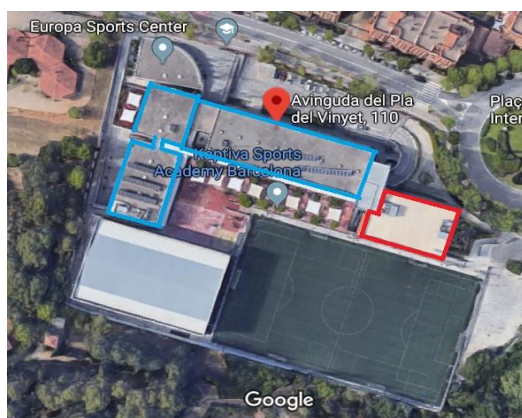
L'objecte d'estudi d'aquest treball és la obtenció d'un certificat energètic per l'edifici número quatre de l'escola European International School of Barcelona. La certificació ha estat realitzada mitjançant un simulador on hi hem aplicat dos mètodes simplificats diferents. Mitjançant el software CE³X hem realitzat una certificació bàsica i una certificació més exhaustiva. El funcionament del programa serà posteriorment explicat amb detall.

Ambdues certificacions es realitzaran amb dades prèviament obtingudes de l'edifici en qüestió. Un cop realitzades les simulacions, es procedirà a una comparativa entre les dades de la simulació bàsica i la simulació exhaustiva, i també, una altre comparativa amb les dades de consum reals de l'edifici.

Per acabar, mitjançant l'anàlisi dels resultats de les comparacions, podrem determinar primerament, si les simulacions son coherents amb la realitat i també podrem aportar possibles hipòtesis de millores en cas que la certificació simulada sigui més favorable a la certificació real. En el cas que les comparatives de les simulacions no siguin coherents i/o apareguin discrepàncies, s'establiran les hipòtesis necessàries per donar origen a aquestes discrepàncies i per justificar-les.

L'estudi és de l'edifici número quatre de l'escola European International School of Barcelona. L'escola es troba a l'Avinguda Pla del Vinyet, 110 a Sant Cugat del Vallès.

L'escola té diversos edificis, en té els originals, marcats en blau i l'edifici d'estudi marcat en vermell; tot i que un dels originals ha sigut ampliat (a la foto rep el nom de Kaptiva sports academy) no n'explicarem res d'aquesta ampliació, al igual que no explicarem res del poliesportiu, també construït juntament amb el nostre edifici. Les dimensions de l'edifici quedaran reflectides dins de la memòria principal i també al document específic pels plànols.



Il·lustració 1 Localització edifici

Com prèviament s'ha esmentat, es realitzaran dues simulacions, una de simplificada o bàsica i una d'altra més exhaustiva, posteriorment explicarem amb detall cadascuna de les simulacions. El software emprat en l'estudi és un software reconegut per la Generalitat, el CE³X, versió de l'any 2016.

Primerament en la simulació més simplificada, certes dades de l'edifici son estimades pel propi simulador, com per exemple la transmitància tèrmica entre d'altres.

La principal diferència entre les dues simulacions, és que en l'exhaustiva es necessitaran dades més intrínseques per tal de millorar la precisió de la simulació mentre que la simplificada serà més general i, per tant, menys precisa o menys ajustada a la realitat.

Per realitzar les certificacions serà necessari modelitzar l'evolvent tèrmica del nostre edifici. L'evolvent tèrmica està formada per conjunts d'elements constructius, com per exemple les façanes, les cobertes i més.

També calen dades de les instal·lacions, com el consum d'ACS (aigua calent sanitària), ventilació i calefacció.

Finalment com s'ha mencionat, es procedirà a fer dues comparatives: una entre les dades de les simulacions per veure-hi es diferències en quant a precisió i realisme entre elles, i l'altre entre els consums obtinguts de les simulacions i els consums reals extrets de registres que puguem obtenir de l'escola.

2. Justificació

Des de començaments del segle XX vénen signant tractats sobre el que avui en diríem qüestions ambientals. Aquests van augmentar en nombre i abast a partir de la II Guerra Mundial. Entre els exemples més importants es troben la Convenció Internacional per a la Prevenció de la Contaminació per Petroli dels Mars (1954), la Convenció de París sobre la responsabilitat de tercers parts en el camp de l'energia nuclear (1960) i la Convenció Ramsar sobre aiguamolls d'importància internacional (1971).

La Conferència d'Estocolm sobre el Medi Ambient, convocada per les Nacions Unides i celebrada el 1972, va augmentar la consciència política sobre la naturalesa global de moltes amenaces al medi ambient. Es va intensificar l'activitat internacional, el que va portar a la creació del Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient. Alhora, la Comunitat Econòmica Europea (avui Unió Europea) va posar en marxa un programa d'iniciatives mediambientals.

Els principals tractats sobre el medi ambient signats des de la Conferència d'Estocolm inclouen la Convenció sobre el Comerç Internacional a Espècies amenaçades de Fauna i Flora (1973), la Convenció per a la Prevenció de la Contaminació del Mar des estacions situades en terra (1974), la Convenció sobre la Contaminació transfronterera a Llarga Distància (1979), la Convenció per a la Protecció del Nivell d'Ozó (1985) i la Convenció per al Control dels Desplaçaments Transfronterers de Residus Perillosos i la seva eliminació (1989).

El 1992 les Nacions Unides van convocar una Conferència global sobre el Medi Ambient i el Desenvolupament (coneguda com Cimera sobre la Terra), que es va celebrar a Rio de Janeiro. S'hi van aprovar dos importants convencions internacionals, la Convenció Marc sobre el Canvi Climàtic i la Convenció sobre Diversitat Biològica.

Finalment, l'any 1997, es va signar el Protocol de Kyoto, per frenar de manera important les emissions d'efecte hivernacle. L'objectiu era aconseguir una reducció, com a mínim, del 5% en l'emissió de gasos contaminants respecte els anys noranta.

Conseqüència d'aquestes preocupacions i regulacions, sorgeix la idea de realitzar certificats energètics per llars i edificis, degut a que aquests tenen un llarg temps de vida i cada cop n'hi ha més.

Avui en dia, s'exigeixen aquests certificats energètics, amb excepcions, per a qualsevol habitatge, local o edifici des de Juny de 2013.

Posteriorment s'explicarà de manera detallada el certificat energètic per se.

3. Estat de l'art i antecedents

Per tal de realitzar i entendre bé, el per què i com s'ha de fer un certificat energètic, és important situar-se en quin punt legislatiu ens trobem i veure l'evolució legislativa tant en el marc nacional com en el marc Europeu.

Degut a la gran quantitat de lleis i la grandària en punts d'aquestes, només es mencionaran els punts adients pel cas que ens pertoca, tot i que es facilitaran les referències per una posterior consulta de les lleis senceres.

Es començarà amb la legislació Europea per entendre com ha influït posteriorment al marc nacional.

Posteriorment s'adjuntarà una imatge on es mostra de manera gràfica la transposició de les lleis del marc europeu al marc espanyol.

3.1. Legislació en el marc europeu

Després d'haver realitzar una quantiosa recerca sobre les lleis importants respectives a legislar els certificats energètics, en podem destacar-ne tres, les quals tenen la seva transposició a la legislació nacional. La tercera només és una adició a la seva predecessora tot i així cal destacar-la.

Cal destacar que només és mencionaran els articles i punts adients de les mateixes.

Per ordre cronològic, la primera llei que cal mencionar es la *DIRECTIVA 2002/91/CE* ⁽¹⁾, aprovada el 16 de Desembre de 2002.

Dins del document legal, en destaquem els articles 7, 8 i 9.

La llei postula la importància de la llar i del sector terciari, en rebre una certificació energètica, ja que al final suposen un 40% del consum final d'energia.

- L'article número 7 d'aquest defineix que per edificis en venda o en lloguer, el propietari ha de tenir a disposició del comprador o l'inquilí, un certificat energètic del local, no superior a 10 anys d'antiguitat.
- L'article número 8 destaca que s'han d'establir revisions periòdiques de les calderes segons la potència nominal de les mateixes.
- Finalment l'article 9, destaca que, per tal de reduir consums, l'obligació de realitzar també revisions periòdiques dels sistemes d'aire condicionat.

La segona llei que mencionarem del marc europeu és la *DIRECTIVA 2010/31/UE* ⁽²⁾, aprovada el 19 de maig de 2010.

Aquesta llei és una modificació de l'anterior, incloent-hi diverses de molt rellevants.

Dins d'aquesta nova llei actualitzada, en destacarem diversos punts trobats en els articles 2, 3, 7, 9 i 16.

- S'estableixen uns requisits mínims a complir. (Podran comprovar els requisits mencionats en el document sencer que està disponible en aquest mateix document)
- Estableix que a partir del 31 de Desembre de 2018, els edificis en propietat de competències públiques siguin de consum nul.
- A partir del 31 de Desembre de 2020, tots els edificis de nova construcció tinguin un consum gairebé nul.
- Per tal de complir aquestes exigències, s'estableix que els estats membres hauran de prendre mesures per assegurar-ho.
- El punt de més rellevància d'aquesta llei és, que la directiva adopta una metodologia per a el càlcul de l'eficiència energètica d'un edifici. La metodologia exposa que els paràmetres a tenir en compte per poder-ne expedir la certificació energètica. Entre aquests paràmetres troben

característiques d'aïllament, instal·lacions, característiques constructives, entre d'altres.

Per acabar cal destacar la *DIRECTIVA 2012/27/UE* ⁽³⁾, aprovada el 25 d'Octubre de 2012, cal mencionar que és l'actualment vigent a la legislació Europea.

Aquesta llei és una complementació a la *DIRECTIVA 2010/31/UE* ⁽²⁾ relativa a l'eficiència energètica dels edificis.

Els punts a destacar d'aquesta llei són:

- Factors de conversió per diversos realitzar càlculs de diversos combustibles
- Criteris mínims per les auditories energètiques
- Caldrà fer un anàlisi econòmic de les mesures d'eficiència energètica.

Per consultar en la seva totalitat els continguts de les lleis mencionades consulteu la bibliografia.

3.2. Legislació en el marc Espanyol

De mateixa manera, com l'estat forma part de la Unió Europea, es van crear els Reials Decrets, amb la finalitat de transposar les lleis en el marc europeu al marc nacional i les qüestions relacionades amb l'edificació i la certificació energètica.

Aquests decrets han de ser igual o més restrictius que les pròpies lleis europees.

De tots els decrets que s'han llegit realitzant recerques, en destacarem quatre; dels quals dos son la transposició directa de dues lleis europees com posteriorment explicarem.

En primer lloc destacarem el *REAL DECRETO 314/2006* ⁴ del 17 de març del 2006.

Aquest document aprova el codi tècnic per l'edificació, és a dir, es tracta d'un decret per tal de crear millores en aspectes bàsics de l'edificació així com seguretat, instal·lacions i estalvi energètic entre d'altres.

Posteriorment, es va signar el *REAL DECRETO 47/2007* ⁵ del 19 de Gener.

Amb aquest document, s'aprova el procediment bàsic per a la certificació energètica d'edificis de nova construcció. L'objectiu primordial és establir un procediment per a la metodologia del càlcul de la qualificació energètica. També s'estableixen les condicions administratives i tècniques per a la realització de les mateixes.

Aquest decret és la transposició de la *DIRECTIVA 2002/91/CE* dins del marc Europeu.

Aquell mateix any, s'aprova el *REAL DECRETO 1027/2007* ⁶ del 20 de Juliol. En aquest decret, s'aprova el reglament d'instal·lacions tèrmiques dels edificis (RITE) i també es postulen en quines condicions i àmbit s'aplicarà el reglament prèviament esmentat. En el mateix document es poden trobar els documents

reconeguts, de compliment no obligatori, pel ministeri d'indústria, energia i turisme.

Per acabar, es va signar el *REAL DECRETO 235/2013*⁷ del 5 d'Abril. En aquest últim decret que mencionarem, s'aprova el procediment bàsic per a la certificació energètica en els edificis.

Aquest document fa èmfasi en que els edificis d'administració pública han de ser de consum energètica gairebé nul i també quins són els tècnics competents que es reconeixen per la llei.

Aquest decret ha patit una modificació, convertint-se en el *REAL DECRETO 564/2017*⁸ del 2 de Juny.

La modificació es va dur a terme amb l'objectiu de garantir les obligacions de la *DIRECTIVA 2010/31/UE*.

Aquesta modificació del decret es relatiu a les exclusions en l'àmbit d'aplicació.

De manera molt resumida, es modifiquen els paràgrafs a) i d) de l'article 2.2 del procediment bàsic per a la certificació. Per altra banda es modifica la disposició relativa als edificis de consum d'energia gairebé nul.



Il·lustració 2 Esquema transposició de lleis

3.3. Certificat energètic

El certificat d'eficiència energètica o certificat energètic és un document oficial redactat per un tècnic competent que inclou informació objectiva sobre les característiques energètiques d'un immoble.

En aquest sentit, la certificació energètica qualifica energèticament un immoble calculant el consum anual d'energia necessari per satisfer la demanda energètica d'un edifici en condicions normals d'ocupació i funcionament. (Inclou la producció d'aigua calenta, calefacció, il·luminació, refrigeració i ventilació).

El procés de certificació energètica conclou amb l'emissió d'un certificat d'eficiència energètica i l'assignació d'una etiqueta energètica. L'escala de qualificació energètica és de set lletres i varia entre les lletres A (edifici més eficient energèticament) i G (edifici menys eficient energèticament). L'etiqueta energètica expressa la qualificació energètica d'un edifici atorgant una d'aquestes lletres.

Aquest certificat és obligatori, llevat d'excepcions, per al propietari de qualsevol part individual d'un edifici existent (habitatges, oficines o locals) objecte d'una operació de compravenda o de lloguer.

Com a excepcions d'edificis que requereixen el certificat energètic en trobem:

- Edificis per a activitats religioses i/o de culte
- Edificis i monuments protegits per ser part d'un entorn declarat o en raó del seu particular valor arquitectònic o històric.
- Construccions provisionals amb un període previst de utilització igual o inferior a dos anys.
- Edificis industrials, de defensa i agrícoles o parts dels mateixos, en la part destinada a tallers, processos industrials, de la defensa i agrícoles no residencials.
- Edificis o parts d'edificis aïllats amb una superfície útil total inferior a 50 m²
- Edificis que es comprin per reformes importants o demolició
- Edificis o parts d'edificis existents de llars, amb un ús inferior a quatre mesos a l'any, o bé durant un temps limitat a l'any i amb un consum d'energia inferior al 25% del que resultaria del seu ús tot l'any, sempre que així consti com a declaració responsable del propietari.

3.4. Informació requerida obligatòria

Com és lògic, per realitzar una certificació energètica legal s'han de complir els requisits estipulats a l'article 6 del *REAL DECRETO 235/2013* ⁷.

Aquests requisits són:

- a) Identificació de l'edifici o part del mateix que es certifica, incloent la seva referència cadastral.
- b) Indicar el procediment reconegut al que es refereix l'article 4 utilitzat per obtenir la qualificació d'eficiència energètica.
- c) Indicació de la normativa sobre estalvi i eficiència energètica d'aplicació en el moment de construcció.
- d) Descripció de les característiques energètiques de l'edifici: Evolvent tèrmica, instal·lacions tèrmiques i d'il·luminació, condicions normals de funcionament i ocupació, condicions de confort tèrmic, lumínic qualitat de l'aire interior i altres dades utilitzades per obtenir la qualificació d'eficiència energètica de l'edifici.
- e) Qualificació d'eficiència energètica de l'edifici expressada mitjançant l'etiqueta energètica.
- f) Per als edificis existents, document de recomanacions per a la millor dels nivells òptims o rentables de l'eficiència energètica d'un edifici o d'una part del mateix, a menys que no existeixi cap potencial raonable per a la millora d'aquest tipus en comparació amb els requisits d'eficiència energètica vigents.

3.5. Tècnics qualificats

Per que qualsevol certificat energètic tingui validesa, ha d'estar expedit per un professional acreditat. En el *REAL DECRETO 235/2013* ⁷ seran considerats tècnics qualificats tots aquells que acreditin qualsevol titulació acadèmica en la qual s'habiliti per a la redacció de projectes o direcció d'obres d'edificació a més d'instal·lacions tèrmiques. Tots els tècnics aprovats apareixen a la Llei 38/1999, alguns d'aquests són els que queden representats gràficament en la següent imatge:

	Administrativo Sanitario Religioso Residencial Docente Cultural	Aeronáutico Agropecuario De la energía De la hidráulica Minero Telecomunicaciones (referido a la ingeniería de telecomunicación) Transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo. Forestal Industrial Naval Ingeniería de saneamiento e higiene y edificio accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.	Todas las demás edificaciones cuyos usos no estén expresamente relacionados en los grupos anteriores.
Labor a realizar			
Redacción del proyecto	Arquitecto	Ingeniero, Ingeniero técnico o Arquitecto. Vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias específicas.	Arquitecto, Arquitecto técnico, Ingeniero o Ingeniero técnico. Vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus especialidades y competencias específicas.
Dirección de obra			
Dirección de ejecución de obra	Arquitecto Técnico	Arquitecto, Arquitecto técnico (si la dirección de obra la lleva un Arquitecto) Ingeniero o Ingeniero técnico.	Arquitecto, Arquitecto técnico (si la dirección de obra la lleva un Arquitecto) Ingeniero o Ingeniero técnico.

Il·lustració 3: Classificació tècnics competents

3.6. Etiqueta d'eficiència energètica

La finalitat última de les certificacions és la obtenció d'una etiqueta en la qual es valora l'eficiència energètica de l'edifici d'estudi basada en el seu consum. L'etiqueta ha de tenir unes característiques pel que fa al format físic, marcades pel Ministeri d'indústria, energia i turisme, aquestes són que ha de mesura 190 mm d'ample i 270 mm d'alçada.

Aquesta escala de qualificació energètica es compon de set lletres, compreses entre la A i la G, sent A la millor i G la pitjor qualificació possible.

A més a més, tindrà informació del consum anual d'energia i de CO₂.

L'etiqueta energètica té una caducitat de 10 anys des de la seva emissió.

És interessant esmentar que l'etiqueta es pot expedir en totes les llengües oficials de l'estat.

La puntuació de l'etiqueta és assignada mitjançant índexs de qualificació C1 i C2. Aquests coeficients s'obtenen amb una sèrie de fórmules depenent del tipus d'ús de l'edifici.

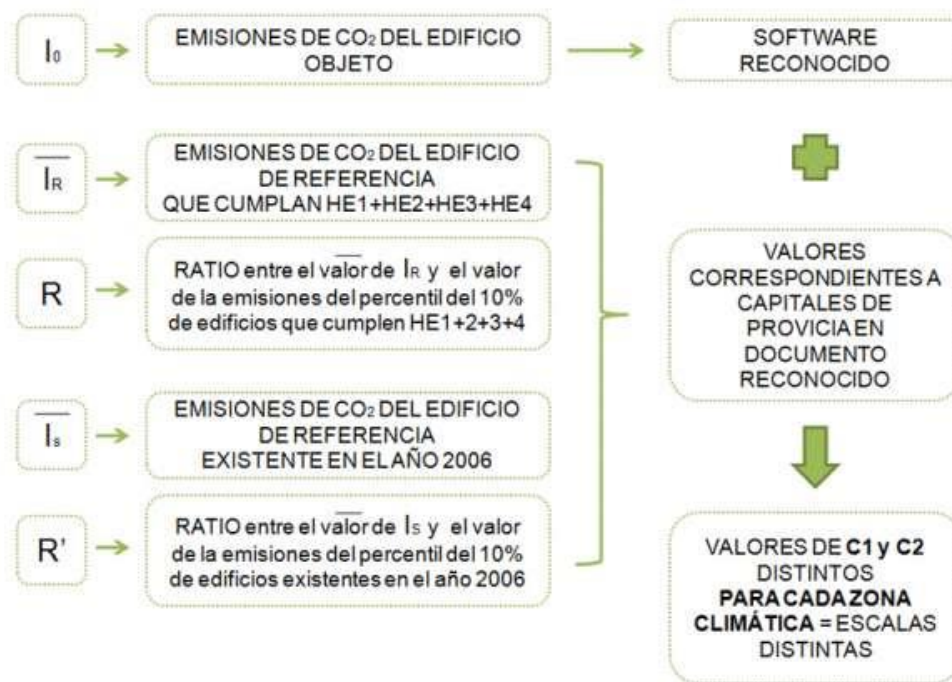
En el cas d'un ús destinat a l'habitatge s'utilitzen dades com les emissions anuals de diòxid de carboni, és a dir, l'energia primària no renovable i també el valor mitjà d'aquestes emissions anuals.

$$C1 = \frac{\left(\frac{I_0}{I_r} R\right) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{I_0}{I_s} R'\right) - 1}{2(R' - 1)} + 0.5$$

Il·lustració 4: Fòrmules per l'obtenció dels coeficients

Les variables d'aquestes fórmules explicades gràficament són les següents:



Il·lustració 5: Explicació de les variables

En aquest cas les puntuacions varien així:

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C1 < 0.15$
B	$0.15 \leq C1 < 0.50$
C	$0.50 \leq C1 < 1.00$
D	$1.00 \leq C1 < 1.75$
E	$C1 > 1.75$ y $C2 < 1.00$
F	$C1 > 1.75$ y $1.00 \leq C2 < 1.5$
G	$C1 > 1.75$ y $1.50 \leq C2$

Il·lustració 6: Taula puntuació 1

Per altra banda, n'hem de distingir entre els edificis destinats a un ús que no siguin al de l'habitatge. En aquests casos, per el càlcul del coeficient C, es fa el quocient entre les emissions anuals de CO₂ de l'edifici i les emissions d'un edifici de referència tabulat.

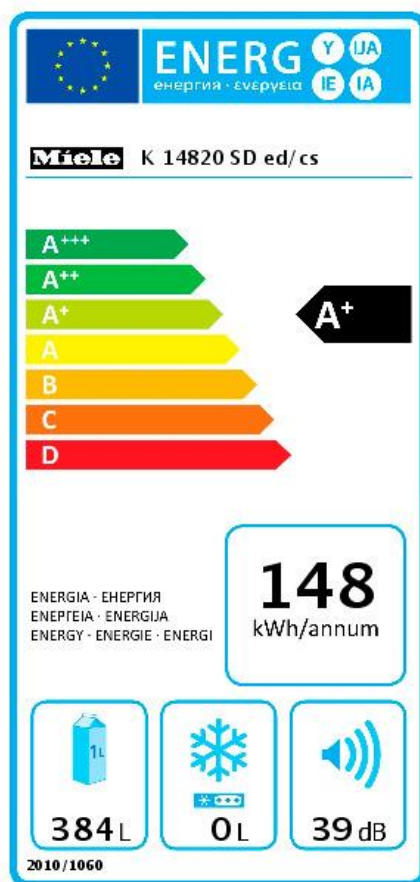
Les puntuacions queden reflectides de la següent manera:

Tabla II. Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a otros usos

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índice de calificación de eficiencia energética
A	$C < 0.40$
B	$0.40 \leq C < 0.65$
C	$0.65 \leq C < 1.00$
D	$1.00 \leq C < 1.3$
E	$1.3 \leq C < 1.6$
F	$1.6 \leq C < 2$
G	$2 \leq C$

Il·lustració 7: Taula de puntuació 2

Un exemple d'etiqueta energètica seria la següent:



Il·lustració 8: Taula de puntuació 2

4. Especificacions bàsiques

Per a la realització d'aquesta certificació energètica haurem d'utilitzar un software de simulació, en aquest cas en particular n'hem decidit de fer servir el software CE3X, promogut pel Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme.

N'hi ha d'altres softwares reconeguts per realitzar certificacions d'aquest estil, tot i que no tots serveixen per a tots els tipus d'edificis o tipus d'utilitat, com per exemple el CALENER amb totes les diferents versions que varien segons si es tracta d'edificis nous, existents, si és una llar o d'ús industrial; també trobem el CERMA i finalment totes les versions del CE3, on s'inclou la més moderna que és la que farem servir.

El programa ens permet fer certificacions per a diversos tipus d'edificis, residencials i terciaris, amb la particularitat que d'aquests últims diferencia entre petit i gran terciari.

Aquests dos subtipus d'edifici terciari es diferencien en el tipus d'instal·lacions, les quals podran ser introduïdes en el programa.

Per al desenvolupament de l'estudi s'han fet servir les dades proporcionades pel col·legi European International School of Barcelona. Les dades extretes dels plànols constructius i instal·lacions es consideraran certes.

5. Metodologia Aplicada

En aquest apartat es descriu de manera detallada el procediment a seguir per a obtenir una qualificació d'eficiència energètica mitjançant el software CE³X, de manera simplificada.

S'aniran descrivint totes les opcions que té el programa per tal de en el següent apartat d'entendre el funcionament de les simulacions.

Al haver-hi dos tipus de certificacions, la bàsica i l'exhaustiva, s'aniran comentant els petits detalls on es diferencien.

5.1. Certificació mitjançant mètodes simplificats

Per dur a terme la certificació es van haver de realitzar uns passos que, amb l'ajuda d'un esquema previ del tutor del treball, es poden resumir d'aquesta manera:

- **Estudi previ:** Aquest pas va consistir en estudiar per sobre el funcionament del programa i quines dades demanava per fer la simulació, ja que al tractar-se d'un edifici sencer, la quantitat d'informació existent era molt extensa. La finalitat d'aquest estudi era estalviar la recopilació d'informació innecessària i estalviar temps i, sobre tot, buscar informació precisa filtrant entre tota la que hi havia.
- **Visita i pressa de dades:** Aquest punt es tracta de recopilar tanta informació com sigui possible. En la primera visita es van agafar dades tals com els plànols constrictius de l'edifici, informació sobre les instal·lacions, informació sobre els materials constructius i la lectura de totes les carpetes per a la cerca d'informació constructiva.
En una segona visita, un cop s'havia avançat més en el treball, es van tornar a agafar mesures que no sortien als plànols o no es van trobar, així com distàncies, forats, lucernaris entre d'altres mesures que el certificador va considerar oportunes. S'han tingut diversos problemes amb l'obtenció de dades referents a les instal·lacions, però s'ha intentat solucionar de manera eficient i lògica.
- **Introducció de dades:** Es van introduir les dades al simulador per realitzar les simulacions.
- **Obtenció del certificat i anàlisi de les millores:** Un cop realitzades les simulacions i la obtenció de l'etiqueta energètica, s'analitzen les causes dels resultats i s'estudien possibles millores aplicables a l'escola per augmentar la qualificació obtinguda.

5.2. Estudi previ i pressa de dades

Un cop es va decidir l'edifici d'estudi, el ja esmentat prèviament edifici número 4 de l'escola European International School of Barcelona, es va començar la recollida d'informació del mateix. L'escola ha presentat una disposició indispensable des del primer moment. El certificador ha pogut contactar amb un professor, el qual li ha donat accés a carpetes d'on s'ha obtingut informació dels plànols constructius, on hi apareixen totes les plantes i façanes, i una memòria constructiva, la qual ha simplificat molt la pressa de dades. Han sigut conegudes totes les mesures de les finestres i portes, tot hi haver-les corroborat prenent les mesures en persona. També hem pogut conèixer els materials emprats en la construcció de l'edifici, dades molt importants per obtenir amb precisió el resultat de la simulació exhaustiva. Durant les visites a l'escola, ens hem topat amb algunes dificultats prenent mesures i sobre tot dades de les instal·lacions, la qual cosa comportarà fer una sèrie d'hipòtesis les quals per suposat seran comentades i justificades.

5.2.1. Introducció de dades al software CE3X

A continuació, un cop llegida i entesa tota la informació recopilada, es va procedir a la introducció de dades en el programa per fer la simulació, no obstant, abans s'explicarà el funcionament del programa amb detall.

En primer lloc el simulador et demana escollir de quin tipus d'edifici es tracta en funció del seu ús:



Il·lustració 9: Imatge pantalla dades administratives

S'haurà d'escollir entre residencial, o terciari, d'aquesta manera el programa diferencia entre un tipus de certificació o d'una altra. Pel que fa a la diferenciació entre gran i petit terciari, com ja s'ha esmentat, recau en les dades que es permeten

introduir referent a les instal·lacions, per tant l'edifici en qüestió ha sigut etiquetat com a gran terciari, degut a la complexitat d'aquestes que comporta.

El programa ens farà introduir les dades en quatre seccions ben diferenciades, per aquest motiu es desenvoluparan de manera extensa i detallada.

5.2.2. Dades administratives

En aquesta primera pestanya, ens trobem amb dades administratives, aquestes dades no tindran cap mena de rellevància en la qualificació final de la certificació, el programa ens demana dades com la localització de l'edifici, la direcció, la localitat, província, codi postal i també registre cadastral.

El programa també demana dades del client, és a dir, la institució per la qual s'està fent la certificació, en el nostre cas serà la universitat, de la qual ens fa introduir la localitat, nom, direcció, codi postal etc.

Finalment aquesta pestanya acaba demanant informació de dades tècniques del certificador, així com el nom, la raó social, direcció i més dades personals.

5.2.3. Dades generals

En aquesta següent pestanya, el programa ja ens demana dades sobre l'edifici. Aquestes dades con de caràcter general, s'ha d'introduir la normativa vigent en el moment de la construcció de l'edifici d'estudi així com l'any.

A més a més, el programa fa introduir al certificador dades com el perfil d'ús de l'edifici; diferenciant entre usos d'intensitat alta, mitjana o baixa i entre franges horàries de 8, 12, 16 i 24 hores.

El software també demana un altre cop la localització de l'edifici, per poder assignar-li la zona climàtica corresponent.

En aquesta mateixa pestanya, a continuació es demana la introducció de dades per la definició general de l'edifici.

La primera dada que ens demana és la **superfície útil habitable**. Aquesta dada ha de ser interior als murs i s'han d'excloure els habitatges no refrigerats o calefactats. S'han sumat totes les superfícies dels pisos habitables i ha donat 2727'3 m².

En segon lloc ens demana **l'alçada lliure del pis**. Aquesta fa referència a l'alçada que hi ha des del terra fins al fals sostre, en cas d'haver-hi diferents alçades en una mateixa planta s'haurà de fer la mitjana. En el nostre cas totes les alçades fins al fals sostre son iguals, i de valor de 2'5 m.

Seguidament ens trobem amb el **nombre de pisos habitables de l'edifici**, com és lògic, s'ha d'introduir el nombre de pisos que contenen superfície habitable, ja que de no contenir-ne no es considerarà com a planta per a la certificació. Donat a que en realitat n'hi ha 5 plantes, però ja que la última és el pàrquing i no està ni climatitzada ni refrigerada, no la considerarem habitable, per tant el número de plantes habitables són 4.

També veiem com ens demanen la **ventilació de l'immoble**, aquesta dada surt per defecte i es deixarà com està, ja que s'han fet una sèrie de cerques i gairebé s'agafa com un valor constant.

A continuació ens demana el **consum total diari d'ACS**, és a dir, la quantitat d'aigua calenta sanitària que es consumeix diàriament a l'escola. En principi aquesta dada no ha sigut possible calcular-la, ja que justament l'edifici en qüestió no té un gran consum d'aigua sanitària (en comparació amb la resta d'edificis de l'escola), per tant s'ha demanat directament i el valor aproximat és de **5m³/dia**. En l'apartat corresponent a les instal·lacions de l'edifici s'explicarà amb detall el sistema d'ACS.

Finalment ens trobem amb una casella on es demana la **massa de les particions internes**, al tractar-se de materials de construcció d'entre 200 – 500 kg/m², s'ha

decidit escollir la massa mitjana. També demana si s'ha determinat l'estanquitat de l'edifici, en el nostre cas com no hem sigut nosaltres qui l'ha assajat no es marcarà la casella.

Datos generales

Normativa vigente	CTE 2006	?	Año construcción	2007	
Tipo de edificio	Edificio completo		Perfil de uso	Intensidad Alta - 12h	
Provincia/Ciudad autónoma	Barcelona		Localidad	Sant Cugat del Vallés	
					HE-1 HE-4
				Zona climática	C2 III

Definición edificio

Superficie útil habitable	2727.3	m ²
Altura libre de planta	2.5	m
Número de plantas habitables	4	
Ventilación del inmueble	0.8	ren/h
Demanda diaria de ACS	5000	l/día
Masa de las particiones internas	Ligera	

☐ Se ha ensayado la estanqueidad del edificio






Imagen edificio
Plano situación

Il·lustració 11 : Imatge pantalla dades generals

5.2.4. Evolvent tèrmica

Per a la correcta resolució de la qualificació energètica, el programa demana la introducció de l'evolvent tèrmica, és a dir, les dades que separen les zones habitables de l'edifici amb l'exterior.

En aquest apartat no seran introduïdes les dades del nostre cas sinó que només s'explicaran les diferents opcions de la pestanya, ja que la diferenciació de les dades és la diferència que hi ha entre els dos tipus de simulacions que es duren a terme, per tant les dades s'introduiran ens els apartats corresponents a les simulacions en aquest mateix document.

Per a la simplificació de l'ús del programa per part de l'usuari, es mostra un esquema general de tots els elements que conformen l'evolvent tèrmica i per tant que s'han d'introduir.

Abans de comentar totes les opcions i paràmetres de l'evolvent tèrmica, el certificador creu convenient explicar el significat de la transmitància tèrmica. Aquesta constant fa referència a la quantitat de calor que es transfereix per unitat de superfície en un sistema per un determinat temps. Com és lògic, el valor de la transmitància tèrmica varia segons el material emprat. A continuació s'expliquen les opcions que ens dona el programa per a la introducció d'aquest valor.

- **Per defecte:** En aquesta opció el mateix programa treu el valor d'una base de dades.
- **Estimació:** En aquesta opció tampoc es coneix el valor exacte de la transmitància tèrmica però el programa demana altres dades necessàries que si es coneixen per poder fer una estimació d'aquest valor.
- **Conegut:** Per aquest últim cas, el software treu la informació d'unes llibreries que té per a escollir el tipus de material i així el programa li assigna un valor de transmitància tèrmica ja calculat per al tipus de material específic.

Un cop fet aquesta explicació, es procedeix a explicar totes les opcions de l'evolvent tèrmica:

5.2.4.1. Cobertes

En aquesta primera secció el programa ens fa seleccionar les cobertes. El programa en fa la distinció entre cobertes en contacte amb l'aire exterior i cobertes enterrades. Una coberta és la part que protegeix l'edifici per la part superior del mateix.

El programa ens ho mostra d'aquesta manera:

Envolvente térmica del edificio

☒ Cubierta
 ☐ Enterrada

☐ Muro
 ☒ En contacto con el aire

☐ Suelo

☐ Partición interior

☐ Hueco/Lucernario

☐ Puente térmico



Envolvente térmica del edificio

☒ Cubierta
 ☒ Enterrada

☐ Muro
 ☐ En contacto con el aire

☐ Suelo

☐ Partición interior

☐ Hueco/Lucernario

☐ Puente térmico



Il·lustració 12: Imatge pantalla tipus de cobertes

A més, el programa per completar la simulació amb un resultat veraç, demana dimensions i més dades de les cobertes, les quals seran explicades i introduïdes en els apartats corresponents a les simulacions.

5.2.4.2. Murs

Seguidament el programa ens mostra la opció d'introduir tots els murs. Es distingeixen de tres tipus: **contacte amb el terreny, de façana o mitjanera**.

Els murs **en contacte amb el terreny** són aquells murs els quals estarien soterrats o parcialment soterrats en el terreny, per exemple els murs del pàrquing. En aquest tipus de murs, el programa només deixa introduir dades per defecte o estimades.

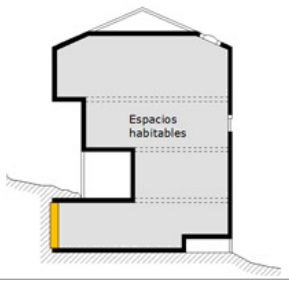
Seguidament ens trobem la opció de murs de **façana**, aquests tipus de murs són els que separen la part interior amb l'ambient exterior, per aquest tipus de murs, el programa demana la seva orientació així com la possibilitat de l'assignació d'un patró d'ombres.

Finalment, l'última opció de murs que el programa ens ofereix, són els murs de mitjanera. Aquest tipus de mur es caracteritza per ser un mur de façana però en contacte amb un altre edifici. En el nostre cas no en tindrem ja que l'única connexió que hi ha amb l'edifici adjacent de l'escola és mitjançant unes escales obertes a l'exterior.

A continuació mostrarem l'esquema del programa:

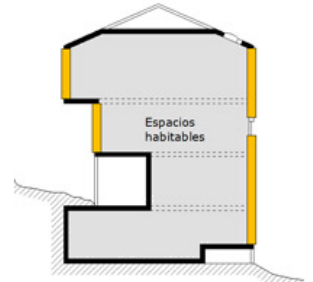
Envolvente térmica del edificio

<input type="radio"/> Cubierta	
<input checked="" type="radio"/> Muro	<input checked="" type="radio"/> En contacto con el terreno
<input type="radio"/> Suelo	<input type="radio"/> De fachada
	<input type="radio"/> Medianería
<input type="radio"/> Partición interior	
<input type="radio"/> Hueco/Lucernario	
<input type="radio"/> Puente térmico	



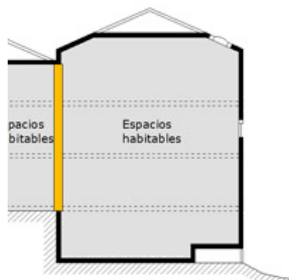
Envolvente térmica del edificio

<input type="radio"/> Cubierta	
<input checked="" type="radio"/> Muro	<input type="radio"/> En contacto con el terreno
<input type="radio"/> Suelo	<input checked="" type="radio"/> De fachada
	<input type="radio"/> Medianería
<input type="radio"/> Partición interior	
<input type="radio"/> Hueco/Lucernario	
<input type="radio"/> Puente térmico	



Envolvente térmica del edificio

<input type="radio"/> Cubierta	
<input checked="" type="radio"/> Muro	<input type="radio"/> En contacto con el terreno
<input type="radio"/> Suelo	<input checked="" type="radio"/> De fachada
	<input checked="" type="radio"/> Medianería
<input type="radio"/> Partición interior	
<input type="radio"/> Hueco/Lucernario	
<input type="radio"/> Puente térmico	



Il·lustració 13: Imatge pantalla tipus de murs

5.2.4.3. Sòls

Seguidament el programa ens demana introduir els tipus de sòls que conformen l'edifici d'estudi. En aquest cas distingim entre **sòls en contacte amb el terreny i en contacte amb l'aire exterior**.

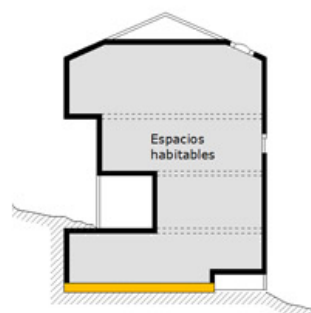
Per els sòls **en contacte amb el terreny**, entre d'altres paràmetres com la superfície, demana la profunditat, és a dir, si està soterrat més de 0,5 m.

Per l'altre opció, els sòls **en contacte amb l'exterior**, només caldria introduir la superfície. En el nostre cas d'estudi no n'hi ha cap sòl en contacte amb l'exterior, ja que cap planta té una reculada que permeti un sòl en contacte amb l'exterior.

A continuació es mostra l'esquema del programa:

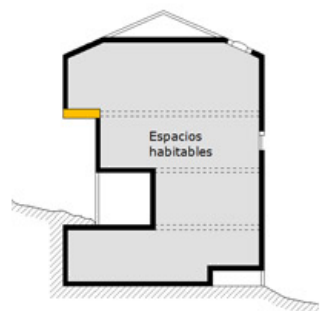
Envolvente térmica del edificio

- ☐ Cubierta
- ☐ Muro
- ☒ Suelo
 - ☒ En contacto con el terreno
 - ☐ En contacto con el aire exterior
- ☐ Partición interior
- ☐ Hueco/Lucernario
- ☐ Puente térmico



Envolvente térmica del edificio

- ☐ Cubierta
- ☐ Muro
- ☒ Suelo
 - ☐ En contacto con el terreno
 - ☒ En contacto con el aire exterior
- ☐ Partición interior
- ☐ Hueco/Lucernario
- ☐ Puente térmico



Il·lustració 14: Imatge pantalla tipus de sòls

5.2.4.4. Particions interiors

Per aquesta opció el programa ens permet seleccionar quins tipus de particions interiors n'hi ha.

En primera instància pot semblar que aquesta opció fa referència a les particions que separen una aula d'una altre, per exemple, tot i no ser el cas. L'opció de particions interiors fa referència a aquelles particions que separen una zona habitable de una no habitable per l'interior de l'edifici d'estudi.

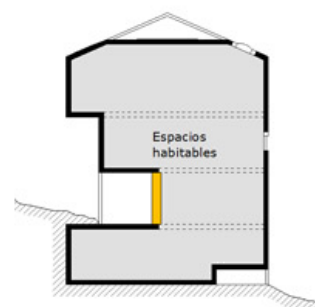
La diferència d'un mur de mitjanera, és que aquest separa dos edificis en contacte però en zones habitables, les particions interiors separen zones condicionades d'altres que no ho estan.

El programa en distingeix entre **particions interiors verticals, horitzontals en contacte amb un espai superior i horitzontals en contacte amb una espai inferior**. Per posar un exemple de partició interior horitzontal serien unes golfes (superior) o el sòl que separa el pis superior al d'un pàrquing.

L'esquema que mostra el programa és el següent:

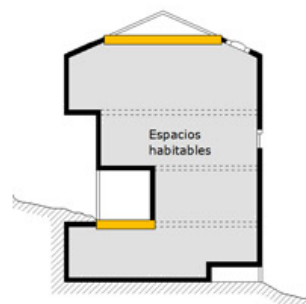
Envolvente térmica del edificio

- ☐ Cubierta
- ☐ Muro
- ☐ Suelo
- ☒ Partición interior
 - ☒ Vertical
 - ☐ Horizontal en contacto con espacio NH superior
 - ☐ Horizontal en contacto con espacio NH inferior
- ☐ Hueco/Lucernario
- ☐ Puente térmico



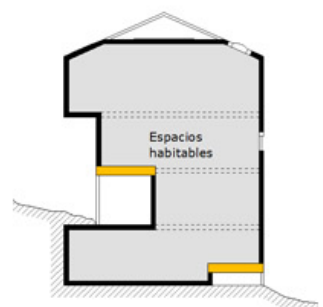
Envolvente térmica del edificio

- ☐ Cubierta
- ☐ Muro
- ☐ Suelo
- ☒ Partición interior
 - ☐ Vertical
 - ☒ Horizontal en contacto con espacio NH superior
 - ☐ Horizontal en contacto con espacio NH inferior
- ☐ Hueco/Lucernario
- ☐ Puente térmico



Envolvente térmica del edificio

- ☐ Cubierta
- ☐ Muro
- ☐ Suelo
- ☒ Partición interior
 - ☐ Vertical
 - ☐ Horizontal en contacto con espacio NH superior
 - ☒ Horizontal en contacto con espacio NH inferior
- ☐ Hueco/Lucernario
- ☐ Puente térmico



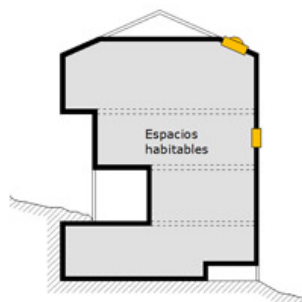
Il·lustració 15: Imatge pantalla tipus de particions interiors

5.2.4.5. Buits o lluernes

Un cop definides totes les particions de l'edifici, el programa ens demana introduir els buits o lluernes, és a dir, totes les portes, finestres o lluernes existents a l'edifici. A part d'introduir-ne les dimensions del que demana, també cal introduir el percentatge de marc en comparació amb el total si en té, per exemple una finestra. A més a més ens dóna l'opció d'introduir la permeabilitat, l'absortivitat, dispositius de protecció solar. Aquestes opcions seran introduïdes en els apartats corresponents a les simulacions.

Envoltant tèrmica del edifici

- ☐ Cubierta
- ☐ Muro
- ☐ Suelo
- ☐ Partición interior
- ☒ Hueco/Lucernario
- ☐ Puente térmico



Il·lustració 16: Imatge pantalla tipus de buits o lluernes

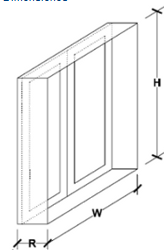
Elementos de sombreado

Seleccionar los elementos de sombreados correspondientes

- ☐ Voladizo Definir
- ☒ Retranqueo Definir
- ☐ Lamas horizontales Definir
- ☐ Lamas verticales Definir
- ☐ Toldos Definir
- ☐ Lucernarios Definir
- ☐ Corrector del factor solar

Retranqueos

Dimensiones



H 2.2 m
W 0.9 m
R 1 m

Il·lustració 17: Elements protecció solar

5.2.4.6. Ponts tèrmics

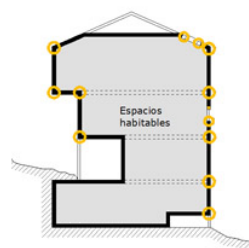
Per acabar les opcions a introduir de l'evolvent tèrmica, el programa demana la introducció dels ponts tèrmics. Els ponts tèrmics són totes aquelles zones on es permet la transmissió de calor, com per exemple, les cantonades dels edificis, els pilars, caixes de persianes etc.

Envolvente tèrmica del edifici

- ☐ Cubierta
- ☐ Muro
- ☐ Suelo
- ☐ Partición interior
- ☐ Hueco/Lucernario

☒ Puente térmico

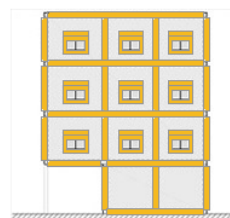
Definidos por usuario



Puente térmico por defecto

Definir puentes térmicos por defecto

- ☒ Pilar integrado en fachada
- ☒ Pilar en esquina
- ☒ Contorno de hueco
- ☒ Caja de persiana
- ☒ Encuentro de fachada con forjado
- ☒ Encuentro de fachada con cubierta
- ☒ Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire
- ☒ Encuentro de fachada con solera



Il·lustració 18: Imatge pantalla tipus de ponts tèrmics.

5.2.5. Instal·lacions

Ja per acabar, ens trobem amb la quarta pestanya del programa necessària per a realitzar la certificació.

Aquesta secció correspon a la introducció de dades de les instal·lacions. Ara només seran mencionats tots els equips d'instal·lacions que ens demana el programa a introduir, posteriorment, en els apartats de les simulacions, seran introduïdes les dades adients i explicades amb detall.

Cal mencionar que en aquesta pestanya és on recau la diferencia entre gran terciari o petit terciari, ja que d'haver escollit l'opció de petit terciari ens haguessin sortit diferents opcions d'instal·lacions.

El programa ens demana:

- **Equip d'ACS**
- **Equip només calefacció**
- **Equip només refrigeració**
- **Equip calefacció i refrigeració**
- **Equip mixt de calefacció i ACS**
- **Equip mixt de calefacció, refrigeració i ACS**
- **Contribucions energètiques**
- **Equips d'il·luminació**
- **Equips d'aire primari**
- **Ventiladors**
- **Equips de bombeig**
- **Torres de refrigeració**

L'escola no té tots aquests equips, els quals seran filtrats posteriorment.

5.2.6. Patró d'ombres

Per finalitzar l'explicació de les diferents característiques del simulador, cal esmentar que el programa ofereix la possibilitat de crear patrons d'ombres.

Un edifici no rep la mateixa intensitat solar durant el dia ni amb la mateixa direcció, per tant és lògic pensar que això farà variar el consum energètic. Els patrons d'ombres es formen degut a possibles porxos que tingui l'edifici, possibles obstacles que no formin part de l'edifici però creïn ombres en aquest o per tendals. El software que estem utilitzant ens dóna la opció de crear-ne patrons d'ombres per a qualsevol dels elements constructius que hem introduït prèviament al programa.

També s'han de tenir en compte els elements estructurals voltants.



Il·lustració 19: Imatge pantalla creació patró d'ombres

Per exemple, per indicar-ne l'ombra d'un tancament, l'usuari ha de definir el patró d'ombres i guardar-lo per a poder identificar-lo. Un cop s'han realitzat tots els patrons d'ombres necessaris, es poden assignar a cadascun dels elements desitjats. El patró d'ombres marca l'ombra projectada mitjançant polígons projectats en un diagrama, on la línia corba inferior es la trajectòria del sol a l'hivern i la corba superior la trajectòria del sol a l'estiu, que és quan té més elevació. L'eix horitzontal ens marca l'angle en graus i la hora.

5.3. Anàlisi dades reals

Paral·lelament a la introducció de dades al software per a la obtenció de la simulació, s'ha demanat a l'escola un registre energètic d'un o dos anys, per a procedir al seu estudi i anàlisi.

Les certificacions donen les dades en valor d'energia primària i els registres els tenim com a dades d'energia final, per a la comparació es procedirà a fer una conversió d'aquestes dades reals a unitats d'energia primària. Un cop fet això es procedirà a la comparativa de les dades simulades amb les dades dels registres energètics de l'escola convertits.

Un cop la comparació s'hagi realitzat, en cas que la comparativa sigui correcta, serà possible obtenir una estimació de certificació energètica que s'assimilaria als resultats de les simulacions. Aquest mètode per al qual farem la certificació cal dir que no està acceptat legislativament pel Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme, però pot servir de manera molt eficient com a indicador per a jutjar de manera objectiva els resultats obtinguts.

En l'apartat referent a resultats i comparativa de les simulacions amb les dades reals, es comentarà el cas d'estudi.

6. Certificació bàsica

6.1. Metodologia aplicada

Per a la realització de la certificació bàsica, introduïrem totes les dades administratives i dades generals de l'edifici d'estudi.

Seguidament es procedirà a introduir les dades de l'evolvent tèrmica, amb la peculiaritat que per aquesta simulació, les dades referents a les propietats tèrmiques de l'edifici seran introduïdes amb valor per defecte.

Finalment s'introduiran totes les instal·lacions corresponents i es procedirà a la obtenció de la qualificació energètica i al seu anàlisi.

Prèviament ja han sigut introduïdes les dades a les pestanyes de dades administratives i dades generals (figures 10 i 11), per tant es procedirà directament a introduir les dades de l'evolvent tèrmica.

6.2. Evolvent tèrmica

Com ja s'ha esmentat, en aquest apartat farem la certificació bàsica, és a dir, marcarem totes les propietats tèrmiques per defecte, la qual cosa ens permetrà definir façanes i elements constructius de manera ràpida i similar sense haver de diferenciar entre tipus de materials ni acabats superficials.

Per facilitar el seguiment de la certificació s'aplicarà el mateix procediment que en l'apartat de metodologia aplicada.

6.2.1. Cobertes

En el cas d'estudi, l'edifici no presenta cobertes enterrades, per tant només disposa d'una coberta, la superior, en contacte amb l'aire.

Aquesta coberta està composta de diferents materials que no es comentaran en aquest apartat, sinó en l'apartat de la certificació exhaustiva. La coberta té una superfície de **589'5 m²**.

6.2.2. Murs

Degut a que el pàrquing és una zona no habitable, no s'ha comptat com a planta de l'edifici a tenir en compte per a la certificació.

Tot i així, en la planta -1, la façana que dona al carrer està tota en contacte amb l'aire exterior, per contra, la façana que dona al camp de futbol té el tros propi de planta -1 en contacte amb el terreny.

Aquest mur té una longitud igual a **29'58 m** i l'alçada és la suma de l'alçada del terra al sostre, més la del fals sostre, és a dir **3'6 m**. Donant una superfície de mur en contacte amb el terreny de **106'49 m**

Tampoc tenim murs de mitjanera com a tals, ja que l'edifici només connecta a un altre edifici mitjançant unes escales a l'aire lliure, però per donar més exactitud a la certificació, separarem la façana orientada amb l'edifici antic en dues parts, una la considerarem de façana amb finestres i l'altre la considerarem de mitjanera.

Es considerarà que de tot el mur, només 1/3 és mitjanera i la resta mur de façana.

Només queden definir els murs de façana completament en contacte amb l'aire exterior.

En conseqüència, els murs queden resumits en la següent taula:

<i>Element</i>	<i>Orientació</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Alçada (m)</i>	<i>Superfície (m²)</i>	<i>Transmitància Tèrmica (W/m²K)</i>
1	Nord-est	29.58	14.3	422.99	0.73
2	Sud-oest	29.58	10.7	316.51	0.73
3	Nord-oest	12.69	14.3	181.47	0.73
4	Nord-oest	6.35	14.3	90.8	-
5	Sud-est	19.04	14.3	272.27	0.73
6	Sud-oest	29.58	3.6	106.49	0.73

Taula 1: Modelització de façanes

Els elements numerats són:

- 1) Façana gran que dona al carrer.
- 2) Façana que dona al camp de futbol, sense comptar el tros de la planta -1 soterrat.
- 3) Façana petita orientada a l'edifici antic.
- 4) Mur considerat mitjanera orientat a l'edifici antic.
- 5) Façana petita oposada que mira al camp de bàsquet.
- 6) Mur soterrat en contacte amb el terreny de la planta -1.

6.2.3. Sòls

L'edifici d'estudi no comporta cap terrassa, ni porxo ni voladís, la qual cosa facilita molt la feina ja que no hem de crear cap patró d'ombres degut a cap sòl en contacte amb l'aire exterior.

De fet, el terra que separa la planta -1 de la planta -2 (el pàrquing) s'ha de definir com a partició interior que separa una zona habitable d'una no habitable, per tant no tenim sòls en contacte amb el terreny.

6.2.4. Particions interiors

En aquest cas, s'ha de definir com a partició interior el terra que separa el pàrquing de la planta -1.

Les dimensions d'aquest terra són de 539.84 m².

6.2.5. Buits o lluernes

Un cop ja s'han definit i introduït tots els murs, sòls, cobertes i particions interiors, es procedeix a determinar els diferents buits com finestres i portes. A més a més, es definiran tot el tipus de protecció contra la radiació solar que continguin aquests elements.

Pel que fa a les finestres, les dividirem per façanes ja que el programa ho demana d'aquesta manera.

La nomenclatura a utilitzar serà F.G (finestres grans) per finestres que son iguals a les façanes grans. Després hi ha unes finestres petites a la façana que mira al camp de bàsquet, les anomenarem F.C.B (finestres camp basquet).

Seguidament en trobem tres finestres rectangulars petites situades a la façana orientada cap al camp de futbol, aquestes seran F.P.C.F (finestres petites camp futbol).

Així ara, en trobem dos tipus de finestres més a la façana orientada al carrer, unes de petites i rectangulars horitzontals, que seran anomenades F.P.H.C (finestres

petites horitzontals carrer) i d'unes altres que seran anomenades F.P.C (finestres petites carrer).

Finalment, a la façana orientada al carrer, a la planta -1, en trobem un finestral.

Pel que fa a les portes, l'edifici consta d'una porta principal, situada a la façana orientada a l'edifici antic, la nomenclatura serà P.P (porta principal).

També consta de tres portes situades a la façana orientada al camp de bàsquet, les anomenarem P.C.B (portes camp bàsquet)

Cal mencionar, que la porta principal forma part d'un finestral com els que té la mateixa façana on es troba, en conseqüència la definirem com a finestral i no com a porta, tot i així, per fer una mica de diferència, els finestrals son de doble vidre i el finestral de baix el considerarem d'una sola fulla.

A continuació s'adjunta la taula per a la classificació de les finestres i portes.

Descripció	Tancament associat	Longitud (m)	Alçada (m)	Mult.	Permeabilitat	Tipus vidre	Protecció solar
F.G.	Façana carrer	4.5	2.2	9	Estanc	doble	Reculada: 0.2m Lames horitzontals: 5%
F.P.H.C	Façana carrer	3	0.5	4	Estanc	simple	Reculada: 0.1m
F.P.C	Façana carrer	1.5	2.2	3	Estanc	simple	Reculada 0.1m Lames horitzontals 5%
Finestral	Façana carrer	23.08	2	1	Estanc	doble	-
F.G.	Façana futbol	4.5	2.2	12	Estanc	doble	Reculada: 0,2m Lames horitzontals: 5%
F.P.C.F	Façana futbol	4	1	3	Estanc	Simple	Reculada: 0.1m
F.C.B	Façana bàsquet	1.3	1.8	3	Estanc	Simple	Reculada: 0,15 m Lames horitzontals: 5%
Finestrals	Façana edifici antic	2.2	2.5	3	Estanc	Doble	Reculada: 0.2 m
P.C.B	Façana bàsquet	0.9	2.2	3	Estanc	Simple	-

Taula 2: Modelització portes i finestres

Tots els marcs han sigut seleccionats metàl·lics i sense RPT, ja que a priori el certificador pensava que eren marcs de PVC però només l'acabat superficial es de PVC.

S'han afegit a la majoria de finestres una reculada i lames horitzontals amb pendent del 5%. Aquest percentatge no ha sigut possible mesurar-lo, i amb l'ajuda de l'enginyer, vam estimar aquest valor.

Per les portes s'han introduït uns percentatges de marc bastant elevats, voltant al 25% per donar més diferència respecte una finestra.

6.2.6. Patrons d'ombres

En l'edifici d'estudi, com s'ha mencionat en apartats previs, no existeix cap voladís, ni porxo, ni tendal que faci ombra.

Només existeix l'ombra generada per l'edifici del costat, un edifici antic de l'escola fora de l'estudi, però al haver-hi unes escales pel mig, i degut a que només una part de la façana en qüestió es trobaria afectada per aquesta ombra i després d'unes certes consideracions amb l'enginyer de l'escola, es va arribar a la conclusió que l'efecte d'aquesta ombra és tan mínim que no es tindrà en consideració.

Tot i així s'ha considerat la part afectada per la ombra de les escales com un mur de mitjanera.

A més a més, s'ha estudiat la trajectòria del sol i es va comprovar que l'efecte de les ombres degudes a l'edifici del costat és mínim.

6.2.7. Ponts tèrmics

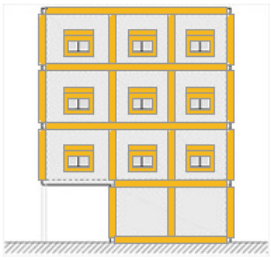
Els ponts tèrmics d'estudi han sigut introduïts mitjançant el valor per defecte. El certificador ha seleccionat els diferents ponts tèrmics que es poden trobar a l'edifici de l'escola:

Puente térmico por defecto

Definir puentes térmicos por defecto

- ☒ Pilar integrado en fachada
- ☒ Pilar en esquina
- ☒ Contorno de hueco
- ☒ Caja de persiana
- ☒ Encuentro de fachada con forjado
- ☒ Encuentro de fachada con cubierta
- ☐ Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire
- ☒ Encuentro de fachada con solera

Cargar Borrar



Il·lustració 20: Ponts tèrmics introduïts per defecte

6.3. Instal·lacions

En aquest apartat s'explicaran totes les instal·lacions que té l'edifici i la introducció corresponent de dades al software de simulació.

Degut a dificultats a l'hora d'obtenir informació dels equips d'instal·lacions, per aconseguir una bona veracitat en la simulació, s'aniran realitzant certes hipòtesis. Entre d'altres coses, cal mencionar que es tracta d'un edifici molt modern amb sempre un cost addicional en les factures energètiques degut a l'excés en el consum de llum.

Pel cas d'estudi, l'escola té els següents equips d'instal·lacions:

6.3.1. Equipament mixt de calefacció i escalfament d'ACS

Començarem explicant l'equip mixt de calefacció i escalfament de l'ACS que té l'escola; com es va comentar amb l'enginyer de l'escola, es podrien considerar els dos equipaments com a independents, tot i que al tractar-se de dos equips que funcionen amb les mateixes resistències i pel mateix circuit a les mateixes plantes, s'ha decidit considerar-lo com un equip mixt.

Com s'ha mencionat a l'apartat de metodologia aplicada; la mitjana d'aigua calenta sanitària que disposem a l'edifici durant tot el dia (horari escolar, extraescolar i explotació del camp de futbol) és al voltant d'uns 5 m³/dia.

No s'ha tingut en compte l'aigua freda de tot l'edifici, que és al voltant d' 1 m³/dia i l'aigua dels fluxors dels W.C. que és aigua reciclada de la piscina mitjançant un sistema de reciclatge i aprofitament.

L'escalfament de l'aigua calenta sanitària és mitjançant resistències elèctriques i per un circuit secundari de plaques solars.

L'equip es compon de dos acumuladors de 2500 L, un pel preescalfament per plaques solars i l'altre es el principal escalfat per resistències elèctriques. Els dipòsits són d'acer galvanitzat, recoberts amb imprimació d'epoxi, amb ànodes anti-corrosió.

Les resistències elèctriques tenen una potència de 12 KW la principal, i de 6 KW la secundària.

Les plaques solars tenen una potència de 35 KW, són un total de 32 plaques amb dissipadors de calor, únicament destinats per l'ACS.

El sistema de calefacció de l'edifici és en la seva totalitat per terra radiant elèctric i unes zones estan condicionades climàticament per climatitzadors: sala de música, biblioteca, despatx de coordinació i sala de professors.

La potència dels climatitzadors són:

- Sala de música: 8.1 KW
- Biblioteca 9.5 KW x2 màquines
- Coordinació: 3.5 KW
- Sala de professors: 4 KW

La potència aproximada per planta és d'uns 80 KW per a la calefacció base i d'uns 50 KW per a la calefacció de suport. S'ha de tenir en compte que són 3 plantes (la 0, 1 i 2) i la planta -1, on es troba la sala de música, la biblioteca i els vestuaris del camp de futbol.

A continuació és mostra com el simulador demana la introducció de les dades:

Equipo mixto de calefacción y ACS

Nombre	CALEFACCIO Y ACS		Zona	Edificio Objeto	
Características			Demanda cubierta		
Tipo de generador	Efecto Joule		ACS	Calefacción	
Tipo de combustible	Electricidad		Superficie (m2)	2727.3	2181.84
			Porcentaje (%)	100	80
Rendimiento medio estacional					
Rendimiento estacional	Estimado según Instalación				
Rendimiento nominal	90	%	A.C.S	Rendimiento medio estacional	90.0 %
			Calefacción	Rendimiento medio estacional	90.0 %
<input checked="" type="checkbox"/> Con Acumulación					
Valor	Por defecto		UA	50.6	W/K
Volumen de un depósito	2500	l	Tª alta	80	°C
			Tª baja	60	°C
			Multiplicad	2	

Il·lustració 21: Introducció dades equip calefacció i ACS

Cal esmentar que s'han fet les següents consideracions:

- Rendiment nominal del 90%
- 80% de la demanda coberta en calefacció, ja que algunes zones van amb climatització independent.
- La temperatura de l'aigua arriba als 70°C, per tant s'han introduït les dades tal que la mitjana sigui aquest valor.

6.3.2. Equip i il·luminació

Degut a que es tracta d'un dels edificis de l'escola, no ha sigut possible obtenir la dada directa de la potència contractada només per l'edifici en qüestió. La potència contractada per tota l'escola és de 320 KW, per tant es farà la següent hipòtesi per a calcular el percentatge que li correspon a l'edifici d'estudi.

L'escola té el poliesportiu, el qual consumeix bastant més que el nostre edifici i té la residència pels alumnes de batxillerat internacional i esportiu, a més de tot l'edifici de preescolar i primària, els quals són bastant més grans i amb més aules, a part de tots els lavabos i vestuaris que tenen, comptant el menjador que està a un d'ells etc.

Per tant el certificador creu convenient que de tota la potència contractada, un 15% serà la que gasta l'edifici 4.

En conseqüència, un 15% de 320 KW ens queden 48 KW.

Per a la bona veracitat de la simulació, es farà una divisió de les zones de l'edifici, degut a que com és lògic, no tot l'edifici rep la mateixa llum natural ni es necessita el mateix tipus d'instal·lació d'enllumenat en unes zones que d'altres. Per exemple, les aules i passadissos tenen fluorescents lineals de 26 mm, les zones comuns tenen "downlights" i per l'aula de música, biblioteca i vestuaris disposem de LED's. El software demana el nivell mig d'il·luminació mig en unitats de LUX, aquests valors han estat estimats.

La següent taula explica la divisió:

ZONA	SUPERFÍCIE	LUX	EQUIP
<i>Aules</i>	<i>1051.74 m²</i>	<i>500</i>	<i>Fluorescent lineal 26mm</i>
<i>Passadissos</i>	<i>165.12 m²</i>	<i>500</i>	<i>Fluorescent lineal 26mm</i>
<i>Zones comuns</i>	<i>109.45 m²</i>	<i>100</i>	<i>Downlights</i>
<i>Aula música</i>	<i>133.92 m²</i>	<i>400</i>	<i>LED tube</i>
<i>Biblioteca</i>	<i>167.27 m²</i>	<i>400</i>	<i>LED tube</i>
<i>Vestuaris</i>	<i>106.49 m²</i>	<i>300</i>	<i>LED spot</i>

Taula 3: Divisió per zones.

Càlcul de superfícies:

- Aules: $6.38 \times 7.85 \times 21$ aules = 1051.74 m²
- Passadissos: $25.6 \times 2.15 \times 3$ passadissos = 165.12 m²
- Les zones comuns, aula de música i biblioteca han sigut extreptes directament dels plànols.
- Pels vestuaris en fem la suma del vestuari masculí de 55.14 m² i el femení, de 51.35 m², fent una suma total de 106.49 m².

A continuació es mostra la introducció de dades per les aules, la resta d'introduccions és fa de manera anàloga:

Equipos de iluminación

Nombre	ILUMINACIO AULES	Zona	AULES
Características			
Superficie zona	1051.74 m2	<input checked="" type="radio"/> Sin control de la iluminación <input type="radio"/> Con control de la iluminación	
Eficiencia energética			
<input type="checkbox"/> Zona de representación	Actividad	Aulas y laboratorios	
Definir características	Estimado		
Tipo de equipo	Fluorescencia lineal de 26 mm		
Iluminancia media horizontal	500 lux		

Il·lustració 22: Introducció dades equip il·luminació

6.3.3. Equip de ventilació

L'edifici té un sistema d'extracció i aportació d'aire exterior.

N'hi ha dos extractors d'aire per les aules i els passadissos i dos ventiladors d'impulsió pel mateix. Aquest equip serveix per a la renovació d'aire a les aules, per temes de control de diòxid de carboni.

La ventilació és de cabal constant per a cobrir la demanda, degut a la impossibilitat de determinar les potències dels ventiladors, s'han estimat les característiques. Les hores de demanda anuals d'utilització del sistema s'ha estimat d'aproximadament unes 1000 h i, juntament amb el consell de l'escola, s'ha estimat una potència de 12 KW.

Per a la correcta simulació, s'ha separat la ventilació en zones d'aules i passadissos.

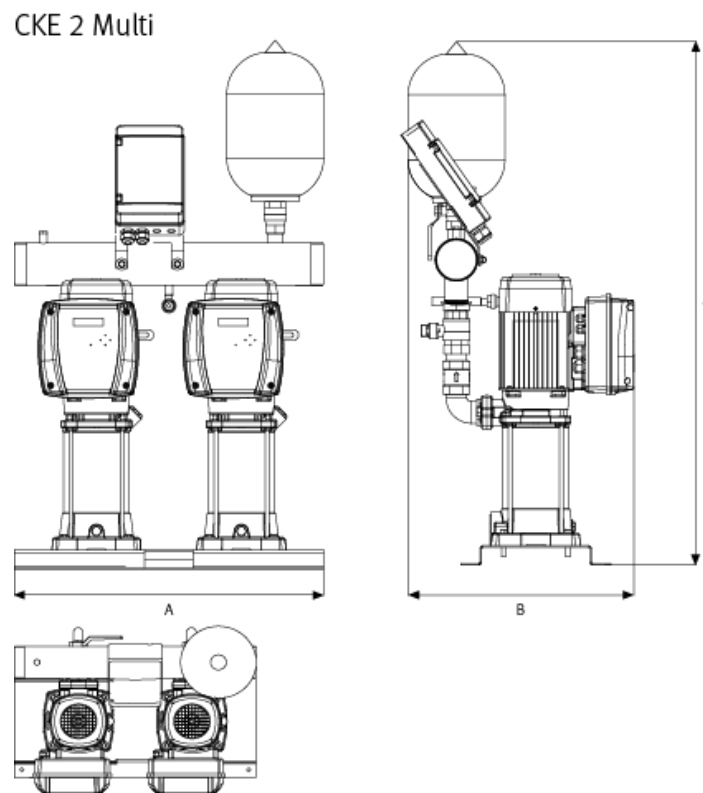
6.3.4. Equip de bombeig

L'escola té un equip de bombeig per tal de poder portar l'aigua a les diferents plantes de l'edifici.

L'equip de bombeig és el CKE 2 Multi 360, amb la diferència que ha estat modificat, ja que el vas d'expansió ha sigut reemplaçat per un de més gran, ja que així treballa molt millor equilibrant les pressions de treball per a poder mantenir un cabal constant.

L'equip té una potència de 2.2 KW i un caudal de 350 l/min.

Seguidament es mostra una imatge esquemàtica de l'equip:



Il·lustració 23: Esquema equip de bombeig.

6.3.5. Contribucions energètiques

Com s'ha mencionat prèviament en aquesta simulació, l'escola disposa de 32 plaques de 35 KW de potència destinades únicament a l'escalfament de l'ACS, això fa que es cobreixi la demanda energètica que comporta l'ACS.

Contribuciones energéticas

Nombre	<input type="text" value="PLAQUES SOLARS"/>	Zona	<input type="text" value="Edificio Obieto"/>
--------	---	------	--

☒ **Fuentes de energía renovable**

Porcentaie de demanda de ACS cubierto	<input type="text" value="100"/>	%
Porcentaie de demanda de calefacción	<input type="text"/>	%
Porcentaie de demanda de refrigeración	<input type="text"/>	%

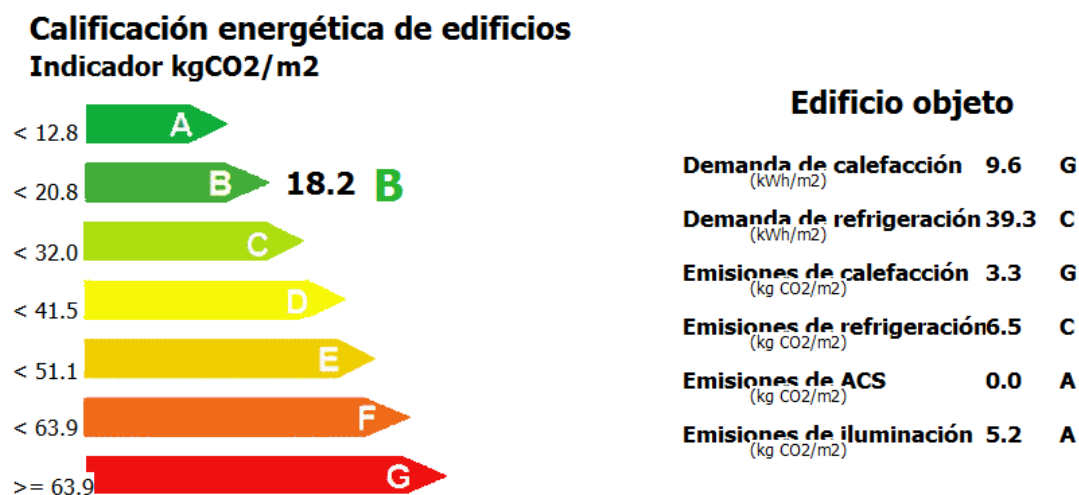
Il·lustració 24: Introducció dades contribucions energètiques.

6.4. Qualificació certificació bàsica

Un cop s'ha finalitzat amb la introducció de dades, es procedeix a la obtenció de la qualificació energètica.

La qualificació s'obté fent clic a la pestanya de "Califica el proyecto".

La nostra ha sigut la següent:



Il·lustració 25: Qualificació certificació bàsica.

El certificador explicarà i comentarà amb detall tots els paràmetres que cobreix l'etiqueta energètica un cop s'hagi realitzat la certificació exhaustiva en els posteriors apartats d'aquest mateix document.

L'indicador marca 18.2 kg CO₂/m², a aquest valor li correspon la qualificació B.

7. Certificació exhaustiva

7.1. Metodologia aplicada

Un cop finalitzada la simulació bàsica, es procedirà a realitzar la simulació exhaustiva, la segona simulació d'aquest treball.

La diferència entre aquesta simulació i la bàsica, recau en que s'introduiran les propietats tèrmiques en valor conegut o estimades, introduint les dades necessàries.

Per aquest motiu, els canvis són en l'evolvent tèrmica.

A continuació s'explica la simulació amb detall.

7.2. Evolvent tèrmica

Per a realitzar la introducció de dades, s'han dividit les façanes i la coberta en funció del material.

El nostre cas és bastant simple, ja que les quatre façanes són exactament del mateix material, excepte la part de façana del camp de futbol que està soterrada, i la coberta.

El certificador ha pogut saber de quin material estan fets les façanes i la coberta, però no amb l'exactitud que el programa demana, per exemple, les façanes són de totxo en obra vista, seguit d'un aïllant de 10cm d'espessor, però no s'ha pogut aconseguir de quin aïllant es tracta, per tant es faran les estimacions i hipòtesis adients.

7.2.1. Murs de façana

Els murs de façana de l'escola estan tots formats pel mateix material.

El programa fa introduir els materials de l'exterior a l'interior, per tant seran explicats de la mateixa manera.

En la part més exterior tenim totxo d'obra vista, al qual li hem assignat “ ½ pie métrico o catalán 40mm < G < 50 mm”, ja que creiem, després d'una cerca per aclarir entre totes les opcions que el programa ofereix, que és el més utilitzat per aquest tipus de construccions.

Seguidament ens trobem amb un aïllant de 10cm d'espessor, per aquest aïllant se li ha assignat el “EPS poliestireno expandido”, en concret el de 0.037 W/mK.

Després de l'aïllant ens trobem amb un totxo de baix pes, per tant perforat, al qual li hem assignat “ ½ pie LP métrico o catalán 40mm < G < 60mm”.

A continuació, el certificador va poder comprovar que les parets dins de les aules, estaven amb una capa de guix folrada amb uns HPL, taulells de resina d'alta densitat. Per fer aquesta introducció de materials, s'ha introduït una capa de guix de duresa mitjana, de 0.02m d'espessor i seguidament una capa de polietilè d'alta densitat de 0.02m d'espessor.

A continuació es mostra una imatge de tipus de façana pel material:

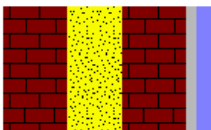
Librería de cerramientos

Nombre

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de interior a exterior)

Material	Grupo	R (m2...)	Espes...	λ (W/...	ρ (kg/...	C_p (J/...
1/2 pie LM métric...	Fábricas de ladrillo	0.116	0.115	0.991	2170	1000
EPS Poliestireno E...	Aislantes	2.667	0.1	0.0375	30	1000
1/2 pie LP métrico...	Fábricas de ladrillo	0.172	0.115	0.667	1140	1000
Yeso, dureza med...	Yesos	0.067	0.02	0.3	750	1000
Polietileno alta de...	Plásticos	0.04	0.02	0.5	980	1800



$R1 + \dots + Rn$
3.06 m2K/W

Características del material

Grupo de:

Material:

Espeso: m λ : W/ml

ρ : kg/m3 Calor específico: J/kaK

Il·lustració 26: Introducció materials façanes.

Amb aquest tipus de tancament tindríem definides les quatre façanes principals, ara definirem el material del tros de façana soterrada de la planta -1.

Com s'ha definit un mur en contacte amb el terreny, el software no demana de quin tipus de material és, sinó que demana la profunditat, la qual és de 3.5m (2.75m més 0.75m de fals sostre), i també demana si té aïllant, per aquest cas, s'ha decidit que l'aïllant sigui de poliuretà amb un espessor de 0.1m.

7.2.2. Cobertes

En l'edifici d'estudi només hi ha una coberta tota feta dels mateixos materials.

El certificador, com a les façanes, sap de quins materials està feta, tot i que no coneix amb detall les característiques dels diferents materials que la conformen, per tant es faran estimacions per a escollir d'entre les moltes opcions que el simulador ofereix.

La coberta es pot trepitjar, ja que la zona tècnica de màquines està a la coberta. Està composta per un aïllament de tela asfàltica i a sobre un "planche" de formigó, és a dir una solera, i a més, a les cantonades reforçada amb resines epoxi, tot i que això últim no s'ha pogut introduir al simulador.

Per la capa de formigó, s'ha introduït una capa de 0.15m de formigó convencional amb una $d=2000$.

La tela asfàltica és un producte bituminós amb oxiasfaltat i fibra de vidre, per la introducció al software d'aquests materials s'ha aplicat un material bituminós d'asfalt, amb un espessor de 0.1m.

La introducció dels materials de la coberta queden així:

Librería de cerramientos

Nombre: MATERIAL CUBIERTA

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de interior a exterior)

Material	Grupo	R (m2...)	Espes...	λ (W/...	ρ (kg/...	C_p (J/...
Hormigón convenc...	Hormigones	0.114	0.15	1.32	2000	1000
Asfalto	Bituminosos	0.143	0.1	0.7	2100	1000

$R1+...+Rn$
0.26 m2K/W

Características del material

Grupo de: Bituminosos

Material: Asfalto

Espeso: 0.1 m λ : 0.7 W/m

ρ : 2100 kg/m3 Calor específica: 1000 J/kaK

Añadir, Modificar, Borrar, Limpiar campos

Il·lustració 27: Introducció materials cobertes

7.2.3. Particions interiors

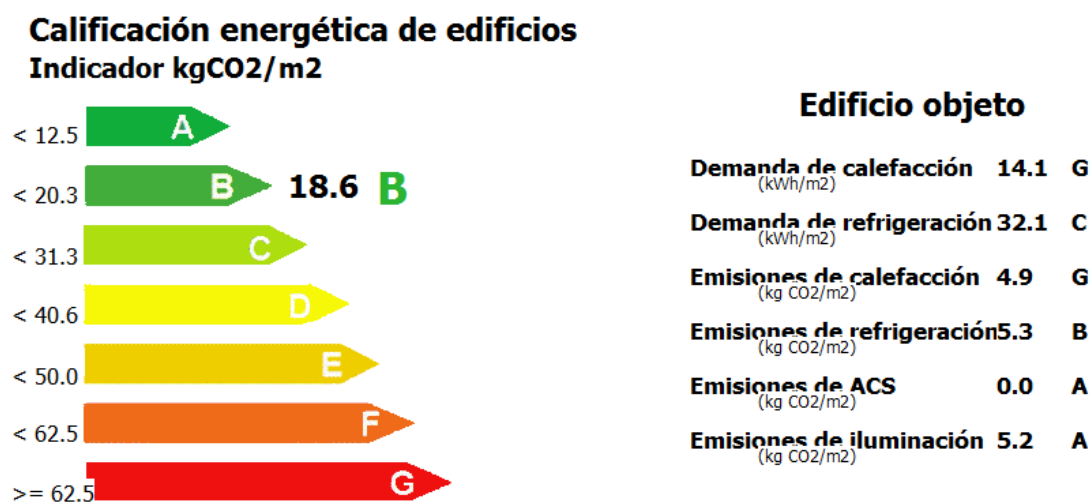
En el nostre cas d'estudi, hi ha una partició interior, la qual separa la planta -1 de la planta -2, el pàrquing, considerat zona no habitable i per tant no considerada per la realització d'aquest estudi.

Per aquesta partició no s'han aconseguit els materials que la conformen, i com és lògic pensar, no només està formada per formigó, sinó que degut a la quantitat de materials que pot tenir, el certificador creu convenient deixar el valor de la transmitància tèrmica per defecte, per tal de no allunyar el resultat de la simulació de la realitat.

Com ja s'ha comentat, la diferència entre la simulació bàsica i l'exhaustiva recau en la introducció, mitjançant les llibreries de tancaments, de la transmitància tèrmica. Aquest fet només afecta a l'evolvent tèrmica ja explicada en els apartats directament anteriors; pel que fa a la resta de dades introduïdes de l'evolvent tèrmica (ponts tèrmics, buits i lluernes i sols) i també instal·lacions a la simulació, roman completament de la mateixa manera, per tant el certificador per no repetir informació, no tornarà a explicar els apartats que no han estat modificats.

7.3. Qualificació certificació exhaustiva

Un cop finalitzada la certificació exhaustiva, es procedeix a demanar al software la qualificació pertinent.



Il·lustració 28: Qualificació certificació exhaustiva

En el apartat 9 d'aquest document es comentaran ambdues certificacions i posteriorment es farà la comparació amb les dades de consum reals de l'edifici d'estudi.

Pel que fa a aquesta qualificació, s'ha obtingut un consum de 18.6 kg CO₂/m², corresponent a una qualificació de B.

8. Estudi de dades de consums reals

Gràcies a l'ajuda de l'escola, es va poder obtenir un registre d'un any de consums energètics.

Cal tenir present que la informació de consums reals aportada per l'escola només és d'electricitat, tot i que com l'equip d'ACS i de calefacció funciona mitjançant efecte Joule, ja s'inclouen en aquests registres.

Les dades aportades per l'equip de manteniment, ens mostren el consum energètic total de l'escola, en apartats previs, es va fer la consideració que l'edifici d'estudi només comporta un 15% de les despeses, per tant tots els valors seran multiplicats per aquest percentatge.

A continuació es mostra una taula dels kWh consumits durant l'any 2018, per mesos.

MESOS	CONSUM [kWh]
Gener	22.538
Febrer	22.330
Març	18.871
Abril	15.217
Maig	16.577
Juny	18.504
Juliol	21.851
Agost	17.678
Setembre	17.064
Octubre	16.945
Novembre	18.102
Desembre	18.813
TOTAL	205.771

Taula 4: Consums mensuals

Com es pot observar, els consums són d'ordre elevat, tot i haver obtingut les qualificacions obtingudes, l'escola sempre té un excedent de consum respecte el contractat i han de pagar la penalització corresponent.

El consum anual de tota l'escola va ser de 1.371.806 kWh.

L'edifici és molt modern i està equipat amb tot una sèrie d'equips molt eficients energèticament, d'aquí venen les qualificacions bastant bones de les certificacions, però no optimitzen ni tenen cura en la reducció en consums o en l'aprofitament de les condicions climàtiques.

El software emprat en la certificació, dóna els resultats de les qualificacions en valors d'energia primària mentre que les dades de consums reals que ens ha donat l'escola mostrades a la taula estan en forma d'energia final.

Per poder realitzar la comparativa, cal transformar els valors d'energia final a energia primària. Per tal de fer-ho el certificador utilitzarà les eines ofertes pel Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme, les quals són una sèrie de taules per a realitzar les conversions adients.

La taula que s'utilitza en aquesta certificació és la següent:

Factores de conversión de energía final a primaria					
	Fuente	Valores aprobados			Valores previos (****)
		kWh E.primaria renovable /kWh E. final	kWh E.primaria no renovable /kWh E. final	kWh E.primaria total /kWh E. final	kWh E.primaria /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,414	1,954	2,368	2,61
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,075	2,937	3,011	3,35
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,082	2,968	3,049	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,070	2,924	2,994	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,072	2,718	2,790	
Gasóleo calefacción	(***)	0,003	1,179	1,182	1,08
GLP	(***)	0,003	1,201	1,204	1,08
Gas natural	(***)	0,005	1,190	1,195	1,01
Carbón	(***)	0,002	1,082	1,084	1,00
Biomasa no densificada	(***)	1,003	0,034	1,037	
Biomasa densificada (pelets)	(***)	1,028	0,085	1,113	

Il·lustració 29: Factors de conversió energia primària.

Així doncs, en tractar-se d'energia convencional peninsular el factor de conversió a utilitzar és de 2,61.

Si multipliquem els 205.771 kWh per 2,61 obtenim 537.062 kWh.

A més, sabem que l'edifici té una superfície útil habitable de 2727'3 m², si dividim el consum anual per la superfície obtindrem el consum anual per metre quadrat en energia primària. Aquest valor és de 196 kWh/m².

9. Anàlisi i comparativa de resultats

9.1. Comparativa entre simulacions

En aquest apartat es farà una comparativa entre ambdues simulacions per, posteriorment, comparar la simulació exhaustiva amb les dades de consum reals de l'escola.

Les qualificacions obtingudes en ambdues simulacions, per categories, són les següents:

INDICADOR	BÀSICA	NIVELL	EXHAUSTIVA	NIVELL
Emissions globals*	18,2	B	18,6	B
Emissions de calefacció	3,34	G	4,92	G
Emissions de refrigeració	6,50	C	5,32	B
Emissions d'ACS	0,00	A	0,00	A
Emissions d'il·luminació	5,23	A	5,23	A
Consum d'energia primària**	107,1	B	109,1	B
Energia calefacció	19,09	G	28,14	G
Energia refrigeració	38,28	C	31,38	B
Energia d'ACS	0,00	A	0,00	A
Energia il·luminació	30,85	A	30,85	A

Taula 5: Desglossament de categories.

*Unitats de kg CO₂/m² any

** Unitats de kWh/m² any

De la taula anterior podem veure les emissions globals i el consum d'energia primària en les dues certificacions realitzades.

Les qualificacions obtingudes a la certificació bàsica, tant en emissions com en consum d'energia primària són lleugerament millors, ja que els valors són inferiors.

Aquest empitjorament en la qualificació final obtinguda de la simulació exhaustiva respecte la simulació bàsica recau, com es pot comprovar, en la calefacció i la refrigeració. En la calefacció en totes dues s'ha obtingut el pitjor nivell, tot i que en la refrigeració s'ha augmentat un nivell.

Les transmissibilitats tèrmiques introduïdes per defecte a la certificació bàsica són una mitjana de les transmissibilitats de diversos materials a la base de dades del programa.

Si ens fixem ens els valors, per exemple, de l'energia primària consumida en la calefacció, veiem com es gasta més a la exhaustiva que a la bàsica, per contra es gasta menys en la refrigeració a l'exhaustiva que a la bàsica.

Aquest fet és degut a que els materials amb els quals està fabricat l'edifici, fa que retengui bé el fred, fent que es consumeixi més en la calefacció.

També és cert que s'ha de tenir en compte el temps dedicat a cada certificació.

En un escenari real, per a una certificació com la que nosaltres hem de realitzar, sempre es realitzaria la simulació exhaustiva, fent ús de tots els materials necessaris en la construcció i també es filaria més prim en certes hipòtesis que el certificador ha anat fet durant el treball.

Com s'ha comentat, la diferència entre ambdues certificacions ha sigut la introducció de manera estimada del valor de la transmitància tèrmica, aquest fet ha comportat al certificador un augment de aproximadament unes deu hores respecte la simulació bàsica.

Per tant queda clar que realitzar una simulació exhaustiva és més costós que una de bàsica, tot i que degut a que la qualificació obtinguda en totes dues certificacions, i també a que s'ha obtingut el mateix nivell en gairebé totes les categories, es creu convenient recalcar la gran eficàcia de la simulació bàsica.

Si el client busca un anàlisi primari sobre la seva eficiència energètica queda clar que amb una simulació bàsica en podria obtenir una idea de per on es dirigeix, més que suficient en molts casos, ara bé, si es busca un estudi en profunditat i exactitud, s'ha de realitzar una simulació exhaustiva.

9.2. Comparativa amb dades reals

La comparativa amb les dades reals obtingudes de l'escola es farà amb la certificació exhaustiva, ja que és la que més s'apropa a la realitat per la meticulosa introducció de dades, tot i tenir pitjor qualificació que la primera certificació.

Després de corregir mitjançant el factor de conversió anteriorment explicat, s'ha obtingut un consum real de l'escola de 196 kWh/m²any i la certificació exhaustiva ha donat un valor de consum d'energia primària de 109,1 kWh/m²any.

Tot i que és un interval gran, els resultats es consideren satisfactoris. Aquesta diferència és deguda a que el software només pot tenir en compte les dades introduïdes però en cap cas ha pogut tenir en compte el mal ús de les instal·lacions, l'envelliment de les mateixes i la poca optimització a l'hora d'estalviar energia (deixant portes i finestres obertes, no utilitzar les persianes, entre d'altres).

Així doncs es s'aprova la veracitat de la certificació bàsica i l'exhaustiva i la gran utilitat del software per a aquests tipus de projectes.

10. *Millores i conclusions*

El treball ha tingut com a finalitat l'obtenció del certificat energètic de l'edifici número quatre de l'escola European International School of Barcelona mitjançant mètodes simplificats i de dues maneres, de manera bàsica i de manera exhaustiva.

L'eina per a la realització d'aquest treball ha sigut un software de simulació, promogut pel Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme: el CE³X. Ambdues certificacions s'han pogut dur a terme de manera correcta i eficient gràcies a la col·laboració de l'escola a l'hora de donar accés a la informació. Tot i aquesta ajuda s'han trobat certes dificultats que amb les decisions preses pel certificador s'han solucionat, amb l'objectiu sempre d'intentar aportar la major veracitat als resultats.

Un cop obtinguts els resultats de les certificacions, s'ha procedit a la seva comparativa. S'ha observat un augment de precisió en la certificació exhaustiva respecte la bàsica, apropant-se més a un consum real. Tot i que, com ja s'ha esmentat, degut a la poca diferència de qualificació i amb menys hores de treball, el funcionament i la validesa de la certificació bàsica és excepcional.

Posteriorment, el certificador ha procedit a la comparativa amb les dades reals i s'ha aprovat i justificat la validesa dels resultats obtinguts a les simulacions, donant així per satisfactori l'objectiu final d'aquest projecte.

En qualsevol cas, el certificador creu convenient que aquest estudi hauria de ser complementat amb una altra certificació, amb l'ajuda d'un altre software de simulació per a certificacions energètiques, reconegut pel ministeri. A més, en un segon estudi, no es cometrien els errors comesos degut a l'aprenentatge, la familiarització i la poca experiència en el camp d'aquest tipus de projectes, amb el que s'obtindria una certificació de major qualitat i precisió.

Durant el procés de la realització d'aquest projecte, s'ha observat que l'edifici en qüestió és molt modern, tot i que es creu convenient i necessari proposar una sèrie de millores. Cal esmentar que aquestes millores són hipòtesis i per tant s'hauria de fer tant un estudi financer com legal per dur-les a terme i comprovar la seva viabilitat.

- Instal·lar molinets eòlics o aerogeneradors per a llars, per a ajudar amb una altra font a suplir despeses energètiques.
- Instal·lar vidres amb més protecció solar i fins i tot, vidres fotosensibles per a una adaptació a la llum solar.

- Modernitzar i optimitzar el sistema d'aprofitament i moviment d'aire.
- Contractar una auditoria energètica per a la comprovació del correcte funcionament de totes les instal·lacions tot i la seva modernitat.
- Intentar posar un limitador d'aigua en els lavabos i vestuaris per evitar despeses innecessàries.
- Fer un ús de les tecnologies i l'ensenyament per conscienciar i mentalitzar als alumnes en l'aprofitament d'aigua, calor i reciclatge de materials.

11. Bibliografia

BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO, AGENCIA ESTATAL. 2007. BOE. *REAL DECRETO 1027/2007*. [En línea] 2007. <https://www.boe.es/boe/dias/2007/08/29/pdfs/A35931-35984.pdf>.

—. **2013.** BOE. *REAL DECRETO 235/2013*. [En línea] 2013. <https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3904.pdf>.

—. **2002.** DIRECTIVA 2002/91/CE DIRECTIVA PARLAMENTO EUROPEO. BOE. [En línea] 2002. <https://www.boe.es/doue/2003/001/L00065-00071.pdf>.

—. **2010.** DIRECTIVA 2010/31/UE PARLAMENTO EUROPEO. BOE. [En línea] 2010. <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>.

—. **2012.** DIRECTIVA 2012/27/UE PARLAMENTO EUROPEO. BOE. [En línea] 2012. <https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>.

—. **2006.** REAL DECRETO 314/2006. BOE. [En línea] 2006. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314/dof/spa/pdf>.

—. **2007.** REAL DECRETO 47/2007. BOE. [En línea] 2007. <https://www.boe.es/boe/dias/2007/01/31/pdfs/A04499-04507.pdf>.

—. **2017.** REAL DECRETO 564/2017. [En línea] 2017. <https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/06/pdfs/BOE-A-2017-6350.pdf>.

Desconocido. 2017. Etiqueta de eficiencia energética. *FACTOR ENERGÍA*. [En línea] 2017. <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/etiqueta-de-eficiencia-energetica/>.

—. Tratados Internacionales Ambientales. *Manejo Tripod*. [En línea] http://manejo.tripod.com/tratados_internacionales_ambientales.htm.

Sánchez, Javier. 2013. ¿Quién no necesita el certificado energético? *CERTIFICADOS ENERGETICOS*. [En línea] 2013. <https://www.certificadosenergeticos.com/no-certificado-energetico>.

—. **2013.** ¿Quién puede realizar el certificado energético? *CERTIFICADOS ENERGETICOS*. [En línea] 2013. <https://www.certificadosenergeticos.com/quien-puede-realizar-certificado-energetico>.

—. **2013.** ¿Quién puede realizar el certificado energético? *CERTIFICADOS ENERGETICOS*. [En línea] 2013. <https://www.certificadosenergeticos.com/quien-puede-realizar-certificado-energetico>.

—. **2013.** Cómo se mide la escala de certificación energética. *CERTIFICADOS ENERGETICOS*. [En línea] 2013. <https://www.certificadosenergeticos.com/como-calcula-escala-calificacion-energetica>.

Serrano Yuste, Paula. 2018. Coeficientes RITE. *CERTIFICADOS ENERGETICOS*. [En línea] 2018. <https://www.certificadosenergeticos.com/coeficientes-de-paso-rite-energia-final-primaria-emisiones-co2>.